فهرست

		فرمول‌ها	تصاویر و مفاهیم	مسائل
دانستنی‌های مهم				۷
■ پایهٔ ۱۰	فصل اول	۱۶	۱۰۱	۲۵۸
	فصل دوم	۲۰	۱۰۵	۲۶۰
	فصل سوم	۲۵	۱۰۷	۲۶۳
	فصل چهارم	۲۸	۱۲۳	۲۶۷
	فصل پنجم	۳۷	۱۳۴	۲۷۳
■ پایهٔ ۱۱	فصل اول	۴۲	۱۴۴	۲۷۸
	فصل دوم	۵۱	۱۵۸	۲۸۴
	فصل سوم	۵۹	۱۶۵	۲۹۰
	فصل چهارم	۶۱	۱۷۹	۲۹۴
■ پایهٔ ۱۲	فصل اول	۶۵	۱۸۹	۲۹۹
	فصل دوم	۷۱	۲۰۰	۳۰۳
	فصل سوم	۸۰	۲۱۰	۳۱۰
	فصل چهارم	۸۹	۲۲۱	۳۱۶
	فصل پنجم	۹۲	۲۳۷	۳۱۸
	فصل ششم	۹۶	۲۴۹	۳۲۲

دانستنی‌های مهم

همیشه در زندگی ما آدم‌ها، یک‌سری چیزها نقش نخ تسبیح را دارند؛ یعنی در ظاهر اهمیتی ندارند، ولی اگر نباشند، تازه می‌فهمیم که چه‌قدر مهم بودند! در فیزیک هم چندتا چیز مهم وجود دارد که همین ویژگی را دارند. در این بخش این چیزها را می‌خواهم بگویم.

دانستنی‌های مهم

۱- محاسبهٔ نسبت تغییرات یک کمیت

فرض کنید کمیتی مثل A داریم که فرمول مربوط به آن، $B = \frac{DA}{C}$ است. می‌خواهیم بدانیم که نسبت $\frac{A_۲}{A_۱}$ چگونه حساب می‌شود. برای این کار:

۱ ابتدا کمیت A را برحسب بقیهٔ کمیت‌ها حساب می‌کنیم:

$$B = \frac{DA}{C} \Rightarrow A = \frac{BC}{D}$$

۲ رابطهٔ A با سایر کمیت‌ها را مشخص می‌کنیم. در این‌جا، A با B و C نسبت مستقیم و با D نسبت عکس دارد؛ بنابراین، رابطهٔ نسبتی $(\frac{A_۲}{A_۱})$ A برابر است با:

$$\frac{A_۲}{A_۱} = \underbrace{\frac{B_۲}{B_۱} \times \frac{C_۲}{C_۱}}_{\text{نسبت مستقیم}} \times \underbrace{\frac{D_۱}{D_۲}}_{\text{نسبت عکس}}$$

نکته

اگر در رابطه هر کمیتی ثابت باشد، از رابطهٔ نسبتی کنار می‌رود. با این حساب، تمام ضریب‌های ثابت (مثل k، G، $\mu_۰$ و ...) در فرمول‌ها از رابطهٔ نسبتی حذف می‌شود.

مثال

در هر فرمول، نسبت خواسته‌شده را برحسب سایر کمیت‌ها بنویسید.

۱) $Q = mc\Delta\theta$; $\frac{c_۲}{c_۱} = ?$ ۲) $PV = nRT$; $\frac{T_۲}{T_۱} = ?$

۳) $E = k\frac{q}{r^۲}$; $\frac{r_۲}{r_۱} = ?$ ۴) $v = \sqrt{\frac{FL}{m}}$; $\frac{m_۲}{m_۱} = ?$

پاسخ

۱) $c=\frac{Q}{m\Delta\theta} \Rightarrow \frac{c_2}{c_1}=\frac{Q_2}{Q_1}\times\frac{m_1}{m_2}\times\frac{\Delta\theta_1}{\Delta\theta_2}$ z

۲) $T=\frac{PV}{n\underbrace{R}_{\text{ثابت}}} \xrightarrow{\text{حذف R}} \frac{T_2}{T_1}=\frac{P_2}{P_1}\times\frac{V_2}{V_1}\times\frac{n_1}{n_2}$

۳) $r^2=k\frac{q}{E} \Rightarrow r=\sqrt{\underbrace{k}_{\text{ثابت}}\frac{q}{E}} \xrightarrow{\text{حذف k}} \frac{r_2}{r_1}=\sqrt{\frac{q_2}{q_1}\times\frac{E_1}{E_2}}$

۴) $m=\frac{FL}{v^2} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1}=\frac{F_2}{F_1}\times\frac{L_2}{L_1}\times(\frac{v_1}{v_2})^2$

فرمول‌ها

شاید مهم‌ترین جای کتاب، همین‌جا باشد؛ یعنی بخش فرمول‌ها! تا حدی هم درست است، اما نباید فراموش کرد که مهم‌تر از حفظ فرمول، یادگرفتن و مهم‌تر از آن، استفاده‌کردن از این فرمول‌ها است. برای همین توصیهٔ من به شما این است که فرمول‌ها را حفظ نکنید و به جایش، سعی کنید ارتباط بین این کمیت‌ها را بفهمید. من هم تا جایی که در توانم بود، سعی کردم در این راه، یعنی درک بهتر فرمول‌ها به شما کمک کنم، با نوشتن قسمت‌هایی مثل تعریف و توضیح روابط، معرفی کمیت‌های مورد نیاز، راهنمایی، نکته، توجه، هشدار ( )، ترفند، کاربرد و طرز استفادهٔ فرمول در مسائل و چیزهای دیگری که خواهید دید. این را هم بگویم که در انتهای کتاب بخشی داریم به اسم مسائل! پس از تمام‌کردن فرمول‌ها (و البته تصاویر و مفاهیم) هر فصل، حتماً نگاهی به این بخش بیاندازید.

فیزیک ۱

فصل ۴: دما و گرما

۱- رابطهٔ بین درجهٔ سلسیوس و کلوین

$$T = \theta + ۲۷۳$$

معرفی کمیت‌ها: در این رابطه، θ دما برحسب درجهٔ سلسیوس یا سانتی‌گراد ($^{\circ}C$) و T دما برحسب کلوین (K) است.

نکته

۱- دما برحسب کلوین را دمای مطلق هم می‌گویند.
۲- تغییرات دما برحسب درجهٔ سلسیوس $(\Delta\theta)$ برابر است با تغییرات دما برحسب کلوین (ΔT)؛ یعنی: $\Delta T = \Delta\theta$.
۳- یکای اندازه‌گیری دما در SI، کلوین (K) است.

در رابطه‌هایی که **T** وجود دارد، دما باید برحسب کلوین باشد، اما در رابطه‌هایی که **ΔT** ظاهر می‌شود، می‌توانید تغییرات دما را برحسب کلوین یا سلسیوس قرار دهید. مثلاً در رابطهٔ **PV = nRT**، حتماً باید دما برحسب کلوین باشد، ولی در رابطهٔ **Q = mcΔT** می‌شود **ΔT** را برحسب درجهٔ سلسیوس هم نوشت و حساب کرد.

۲- رابطهٔ بین درجهٔ سلسیوس و فارنهایت

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲$$

معرفی کمیت‌ها: در این فرمول، F دما برحسب درجهٔ فارنهایت $(^\circ F)$ است.

نکته

بین تغییر دما در مقیاس‌های سلسیوس، کلوین و فارنهایت رابطهٔ زیر برقرار است:
$\Delta F = ۱/۸\Delta\theta = ۱/۸\Delta T$

ترفند| در بعضی محاسبات، بهتر است به جای $\frac{۹}{۵}\theta$ از ۱/۸θ استفاده کنید.

۳- رابطهٔ یک مقیاس دمایی نامعلوم با مقیاس سلسیوس

$$\frac{X - X_۱}{X_۲ - X_۱} = \frac{\theta - \theta_۱}{\theta_۲ - \theta_۱}$$

در این رابطه، X دما در مقیاس X، X_1 و X_2 دمای نقطهٔ ۱ و ۲ در مقیاس X و θ_1 و θ_2 دمای نقطهٔ ۱ و ۲ برحسب سلسیوس است.

۴- انبساط طولی در جامدات

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T \Rightarrow L_2 = L_1(1+\alpha\Delta T)$$

اگر دمای میله‌ای به طول L_1 را به اندازهٔ ΔT زیاد کنیم، طول میله به اندازهٔ ΔL افزایش یافته و به طول نهایی L_2 می‌رسد.

معرفی کمیت‌ها: ضریب انبساط طولی را با α (آلفا) نشان می‌دهند که یکای آن در SI، $\frac{1}{^\circ C}$ یا $\frac{1}{K}$ است.

در استفاده از این رابطه، فقط یکسان‌بودن یکاهای L_1 و ΔL مهم است و مهم نیست که برحسب **SI** باشد یا نه! ضمناً این رابطه برای هر نوع تغییر طولی برقرار است.

۵- انبساط سطحی در جامدات

$$\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta T \Rightarrow A_2 = A_1(1+2\alpha\Delta T)$$

اگر دمای جسمی به مساحت A_1 را به اندازهٔ ΔT زیاد کنیم، مساحت آن به اندازهٔ ΔA زیاد شده و به مساحت نهایی A_2 می‌رسد.

معرفی کمیت‌ها: 2α ضریب انبساط سطحی جسم برحسب $\frac{1}{^\circ C}$ یا $\frac{1}{K}$ است.

این رابطه هم برای هر نوع تغییر مساحتی استفاده می‌شود. ضمناً فقط یکسان‌بودن واحدهای A_1 و ΔA مهم است.

۶- انبساط حجمی در جامدات

$$\Delta V = V_1(3\alpha)\Delta T \Rightarrow V_2 = V_1(1+3\alpha\Delta T)$$

مثل انبساط طولی و سطحی، اگر حجم اولیهٔ جسمی V_1 و میزان افزایش دما ΔT باشد، جسم به اندازهٔ ΔV افزایش حجم پیدا می‌کند و به مقدار نهایی V_2 می‌رسد.

معرفی کمیت‌ها: 3α، ضریب انبساط حجمی است و یکای آن مثل α و 2α، $\frac{1}{^\circ C}$ یا $\frac{1}{K}$ است.

فقط یکسان‌بودن یکاهای V_1 و ΔV مهم است.

۷- محاسبهٔ درصد تغییرات طول، سطح و حجم

$$\text{درصد تغییرات طول} = \left(\frac{\Delta L}{L_1}\right)\times 100 = (\alpha \Delta T)\times 100$$

$$\text{درصد تغییرات سطح} = \left(\frac{\Delta A}{A_1}\right)\times 100 = (2\alpha \Delta T)\times 100$$

$$\text{درصد تغییرات حجم} = \left(\frac{\Delta V}{V_1}\right)\times 100 = (3\alpha \Delta T)\times 100$$

کاربرد در بعضی مسائل انبساط با درصد بیان می‌شود. استفاده از این رابطه‌ها کار شما را خیلی راحت می‌کند.

۸- انبساط مایعات

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta T \Rightarrow V_2 = V_1(1+\beta \Delta T)$$

مثل جامدها، افزایش حجم مایع‌ها هم به اندازهٔ تغییرات دما، حجم اولیهٔ مایع و جنس مایع بستگی دارد.

معرفی کمیت‌ها: β (بِتا) ضریب انبساط حجمی مایع موردنظر است که یکای آن همان $\frac{1}{^\circ C}$ یا $\frac{1}{K}$ می‌باشد.

۹- انبساط ظاهری مایع‌ها

$$\Delta V_{\text{ظاهری}} = V_1(\beta_\ell - 3\alpha_s)\Delta T$$

وقتی که یک ظرف پر از مایع را گرم می‌کنیم، هم حجم مایع زیاد می‌شود، هم خود ظرف! در این حالت، افزایش حجمی که ما می‌بینیم، برابر $\Delta V_{\text{ظاهری}}$ است که رابطهٔ آن را نوشتم.

معرفی کمیت‌ها: در این رابطه، V_1 حجم اولیهٔ ظرف و مایع، β_ℓ ضریب انبساط مایع و $3\alpha_s$ ضریب انبساط حجمی ظرف است.

۱۰- تغییرات چگالی با دما

$$\Delta\rho = -\rho_1\beta\Delta\theta \Rightarrow \rho_2 = \rho_1(1-\beta\Delta\theta)$$

افزایش دما، معمولاً چگالی اجسام را کاهش می‌دهد. با توجه به این موضوع، تغییرات چگالی از رابطهٔ بالا به دست می‌آید.

معرفی کمیت‌ها: در این رابطه، ρ_1 چگالی جسم در دمای اولیه، ρ_2 چگالی جسم در دمای نهایی و β ضریب انبساط حجمی جسم است.

این رابطه به صورت تقریبی درست است.

۱۱- محاسبهٔ گرمای ناشی از تغییر دما

$$Q = mc\Delta T = mc(T_2 - T_1)$$

گرمای لازم برای آن‌که دمای جسمی به جرم m از دمای T_1 به دمای T_2 برسد، از این رابطه به دست می‌آید.

معرفی کمیت‌ها: در این رابطه، Q گرما برحسب ژول (J) و c گرمای ویژه برحسب $\frac{J}{kg.^\circ C}$ یا $\frac{J}{kg.K}$ است.

توجه

همان‌طور که گفتیم، چون در رابطهٔ ΔT داریم، می‌توانیم از $\Delta\theta$ هم استفاده کنیم.

کاربرد محاسبهٔ Q زمانی که تغییر دما داریم.

۱۲- گرمای ویژهٔ مولی

$$c_m = \frac{C}{n} \, , \, c_m = Mc$$

تعریف: گرمای ویژهٔ مولی، مقدار گرمایی است که باید به یک مول ماده بدهیم تا در شرایط فیزیکی مشخص، دمایش ۱ K زیاد شود. طبق تعریف، به این دو رابطه می‌رسیم.

معرفی کمیت‌ها: در این روابط، c_m گرمای ویژهٔ مولی برحسب $\frac{J}{mol.K}$، C ظرفیت گرمایی برحسب J/K، M جرم مولی برحسب kg/mol و n تعداد مول (mol) است.

۱۳- محاسبهٔ گرمای تغییر حالت

$$Q = \pm mL_x$$

این رابطه، فرمول کلی تغییر حالت است. در فرایندهای گرماگیر، علامت Q مثبت و در فرایندهای گرمازا، علامت Q منفی است.

معرفی کمیت‌ها: L_x، گرمای نهان است که یکای آن در SI، ژول بر کیلوگرم (J/kg) است.

نکته

از این رابطه، ۴ فرمول زیر به دست می‌آید:

$$Q_{\text{ذوب}} = mL_F \quad , \quad Q_{\text{انجماد}} = -mL_F$$

$$Q_{\text{تبخیر}} = mL_V \quad , \quad Q_{\text{میعان}} = -mL_V$$

■ L_F گرمای نهان ذوب و L_V گرمای نهان تبخیر است.

۱۴- تعادل گرمایی

$$\underbrace{Q_1 + Q_2 + \ldots}_{\text{گرمایی که اجسام سرد می‌گیرند}} = \underbrace{|Q'_1| + |Q'_2| + \ldots}_{\text{گرمایی که اجسام گرم از دست می‌دهند}}$$

اگر دو یا چند جسم با دما و جرم‌های متفاوت در کنار هم قرار بگیرند، بین اجسامی که گرما می‌گیرند و از دست می‌دهند، چنین رابطه‌ای وجود دارد.

کاربرد بنیادی‌ترین رابطه برای حل مسائل تعادل گرمایی، این رابطه است.

۱۵- محاسبهٔ دمای تعادل وقتی تغییر حالت نداریم

$$\theta_e = \frac{m_1c_1\theta_1 + m_2c_2\theta_2 + \ldots}{m_1c_1 + m_2c_2 + \ldots}$$

برای محاسبهٔ سریع دمای تعادل زمانی که حالت جسم عوض نمی‌شود، از این رابطه استفاده می‌کنیم.

معرفی کمیت‌ها: θ_e دمای تعادل است.

۱۶- آهنگ رسانش گرمایی در جامدها

$$H = \frac{Q}{t} = k\frac{A(T_H - T_L)}{L}$$

تعریف: آهنگ رسانش گرمایی (H) با مساحت سطح مقطع میله (A) و اختلاف دمای دو انتهای میله $(T_H - T_L)$ نسبت مستقیم و با طول میله (L) نسبت وارون دارد.

معرفی کمیت‌ها: در این رابطه، k رسانندگی گرمایی است که به جنس میله بستگی دارد. یکای k در SI، $\frac{J}{s.m.K}$ یا $\frac{W}{m.K}$ است.

۱۷- قانون گازهای کامل (معادلهٔ حالت)

$$PV = nRT$$

در صورتی که یک گاز به اندازهٔ کافی رقیق باشد، چنین رابطه‌ای بین کمیت‌های ترمودینامیکی گاز برقرار است.

معرفی کمیت‌ها: در این رابطه، P فشار گاز برحسب پاسکال (Pa)، V حجم گاز برحسب متر مکعب (m^3)، n تعداد مول ماده برحسب مول (mol) و T دمای گاز برحسب کلوین (K) است. R هم ثابت جهانی گازها است که مقدار تقریبی آن برابر است با $8 \frac{J}{mol.K}$.

کاربرد | این رابطه علاوه بر این فصل در **فصل ترمودینامیک هم** به کارتان می‌آید.

۱۸- رابطهٔ مقایسه‌ای معادلهٔ حالت

$$\frac{P_1V_1}{T_1n_1} = \frac{P_2V_2}{T_2n_2}$$

معادلهٔ حالت را به صورت نسبتی هم می‌توان نوشت. این رابطه، مرجع است و بسته به این‌که چه کمیت‌هایی ثابت مانده، می‌توانید آن پارامتر ثابت را از معادله حذف کنید.

در این رابطه فقط یکسان‌بودن یکاهای **P**، **V** و **n** مهم است و نیازی نیست حتماً در **SI** باشند؛ اما **T** حتماً باید برحسب کلوین باشد.

۱۹- محاسبهٔ تعداد مول

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

برای محاسبهٔ تعداد مول یک گاز (n) از این رابطه استفاده می‌کنیم.

معرفی کمیت‌ها: در این رابطه‌ها، m جرم گاز، M جرم مولی گاز، N تعداد ذرات گاز و N_A عدد آووگادرو است.

چون یکای جرم مولی گاز (M) معمولاً گرم بر مول (g / mol) است یکای جرم (m) باید برحسب گرم باشد.

۲۰- قانون پایستگی مول

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} + \frac{P_2V_2}{T_2}$$

کاربرد| گاهی دو مخزن گاز با حالت‌های متفاوت را به هم وصل می‌کنند و در مورد حالت جدید می‌پرسند. در این حالت، این رابطه به کارتان می‌آید.

۲۱- چگالی گازهای کامل

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

کاربرد| گاهی چگالی گاز کامل را می‌خواهند. در این صورت این رابطه به کمکتان خواهد آمد.

تصاویر و مفاهیم

این بخش، در اصل دو بخش است؛ یکی بخش تصاویر و یکی هم بخش مفاهیم؛ اما من به دو دلیل این دو بخش را کنار هم آوردم:

۱- جلوگیری از پراکندگی مطالب غیرفرمولی؛ این‌جوری که اول شکل‌های کتاب درسی فصل را بررسی کردم و بلافاصله بعدش رفتم سراغ مفاهیم!

۲- صرفه‌جویی در مصرف کاغذ و انرژی در این اوضاع اقتصادی! چرا که در بخش مفاهیم، دیگر مطالبی که در این بخش فرمول‌ها و تصاویر گفتم را نیاوردم، مگر این‌که آن موضوع اهمیت خاصی داشته و لازم بوده از نگاه دیگری هم بررسی شود.

دقت کنید که برای حل مسائل به طور مستقیم و غیرمستقیم به این بخش نیاز دارید و احتمالاً در کنکور جدید هم به تصاویر و مفاهیم بیشتر از قبل پرداخته می‌شود؛ پس به‌هیچ‌وجه از خواندن این بخش غافل نشوید.

فصل ۱: الکتریسیتهٔ ساکن

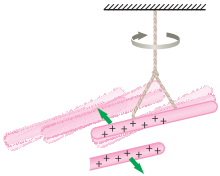
...تصاویر...

۱- بار الکتریکی

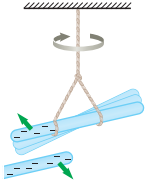
شکل‌های زیر نشان می‌دهند که:

۱ دو نوع بار الکتریکی مثبت و منفی وجود دارد.

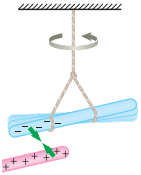
۲ نیروی بین بارهای الکتریکی هم‌نام از نوع دافعه و در حالت ناهم‌نام از نوع جاذبه است.



الف وقتی دو میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

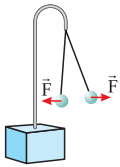


ب وقتی دو میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.



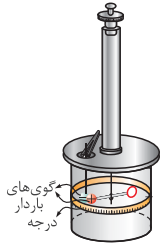
پ وقتی میلهٔ پلاستیکی مالش داده‌شده با پارچهٔ پشمی را به میلهٔ شیشه‌ای مالش داده‌شده با پارچهٔ ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.

۲- نیروی بین دو گلولهٔ هم‌نام



گلوله‌های باردار هم‌نام یکدیگر را با نیرویی هم‌اندازه دفع می‌کنند. نتیجه آن‌که نیروهای بین دو ذرهٔ باردار، در نقش نیروهای کنش و واکنش هستند.

۳- ترازوی پیچشی کولن

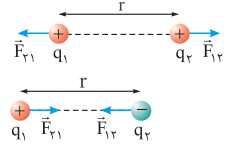


کولن با ترازوی پیچشی‌اش نشان داد که نیروی بین دو بار با حاصل‌ضرب اندازهٔ دو بار رابطهٔ مستقیم و با مربع فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت وارون دارد.

۴- نیروی الکتریکی بین دو بار

شکل زیر نیروهای بین دو بار الکتریکی را نشان می‌دهد.

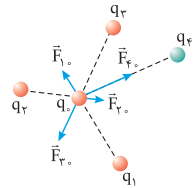
به اندیس نیروها خوب نگاه کنید.



الف نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی هم‌نام، دافعه است.

ب نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهم‌نام، جاذبه است.

۵- اصل برهم نهی نیروهای الکتروستاتیکی



نیروی خالص (برایند) وارد بر بار نقطه‌ای q_0 از جمع برداری تک‌تک نیروهای وارد بر آن محاسبه می‌شود.

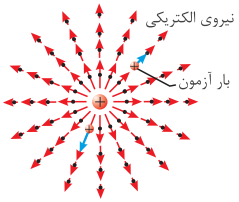
$$\vec{F}_{T_0} = \vec{F}_{1_0} + \vec{F}_{2_0} + \vec{F}_{3_0} + \vec{F}_{4_0}$$

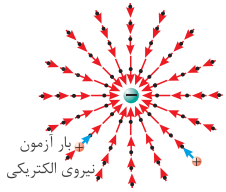
۶- مولد وان‌دوگراف

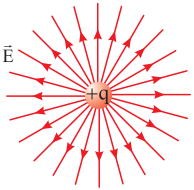
وسیله‌ای است که با استفاده از یک تسمهٔ متحرک، بار الکتریکی را بر روی یک کلاهک توخالی فلزی جمع می‌کند. در آزمایشگاه برای انتقال بار الکتریکی از این وسیله استفاده می‌شود. انتقال بار در این مولد، به روش مالش انجام می‌شود.

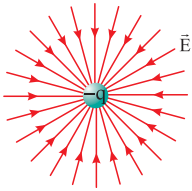
۷- خطوط میدان الکتریکی

در شکل‌های زیر خطوط فرضی میدان الکتریکی برای یک بار نقطه‌ای رسم شده است. با توجه به این‌که جهت خط میدان در هر نقطه از میدان همواره هم‌سو با نیروی وارد بر بار آزمون (مثبت) است، خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند.



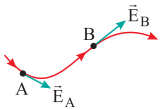






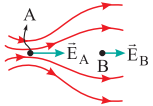
۸- ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی

الف بردار میدان الکتریکی در هر نقطه، باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.



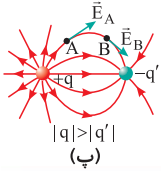
(الف)

ب هر جا خطوط میدان متراکم‌تر باشد، اندازهٔ میدان هم در آن‌جا بیشتر است؛ یعنی: $E_A > E_B$



(ب)

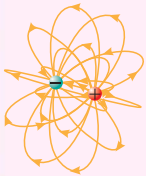
پ خط‌های میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند و هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند؛ یعنی از هر نقطهٔ دلخواه در فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می‌گذرد.



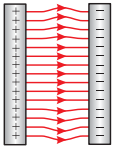
(پ)

نکته

خطوط میدان در واقع طرحی سه‌بعدی دارند و صرفاً برای سادگی آن‌ها را دوبعدی رسم می‌کنیم.

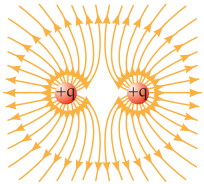


۹- میدان الکتریکی یکنواخت



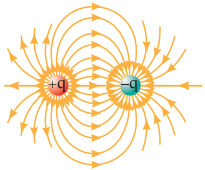
خط‌های میدان بین دو صفحهٔ رسانای موازی و به دور از لبه‌های صفحات، **مستقیم**، **موازی** و **هم‌فاصله‌اند**. به این میدان الکتریکی، میدان الکتریکی یکنواخت می‌گویند.

۱۰- میدان الکتریکی بین دو بار مثبت هم‌اندازه



چون دو بار هم‌نام و هم‌اندازه‌اند، خطوط میدان آن چنین شکل متقارنی دارند. اگر هر دو بار منفی بودند، تغییری در شکل میدان ایجاد نمی‌شد، فقط جهت خطوط به سمت داخل بارها تغییر می‌کرد.

۱۱- میدان الکتریکی دو قطبی الکتریکی



در این حالت دو ذره با بار یکسان و علامت مخالف در فاصلهٔ معینی از هم قرار می‌گیرند. به این آرایش، دو قطبی الکتریکی گفته می‌شود.

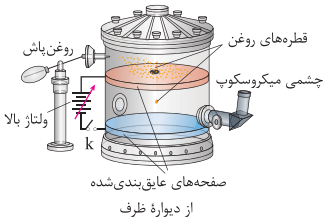
۱۲- آزمایش قطره ـ روغن میلیکان

آقای میلیکان:

۱ به کمک یک منبع ولتاژ بالا بین دو ورقهٔ فلزی موازی و افقی میدان الکتریکی قائم یکنواخت $\vec{E}$ را تولید کرد.

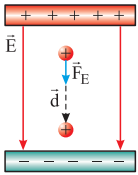
۲ در مرکز ورقهٔ بالایی چند سوراخ ریز ایجاد کرد تا بتواند قطره‌های روغن یک روغن‌پاش را بین دو ورقه بپاشد. اکثر این قطره‌ها در اثر مالش با دهانهٔ خروجی روغن‌پاش، باردار می‌شوند.

۳ با تغییر میدان الکتریکی بین صفحات، حرکت قطرهٔ روغن را بررسی کرد و توانست بار الکتریکی هر قطره را مشخص کند.



نتیجه میلیکان با تکرار زیاد این آزمایش فهمید که بار الکتریکی قطره‌ها مضربی از بار بنیادی (e) است (کوانتومی‌بودن بار الکتریکی را ثابت کرد).

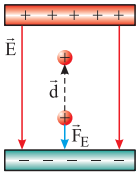
۱۳- کار میدان الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی در حالت‌های مختلف



الف) بار مثبت را در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم:

$$\theta = 0^\circ \xrightarrow{W_E = Fd\cos\theta} W_E > 0$$

$$\xrightarrow{\Delta U_E = -W_E} \Delta U_E < 0$$

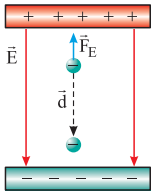


ب) بار مثبت را در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم:

$$\theta = 180^\circ \xrightarrow{W_E = Fd\cos\theta} W_E < 0$$

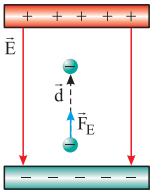
$$\xrightarrow{\Delta U_E = -W_E} \Delta U_E > 0$$

حواستان باشد که θ زاویهٔ بین بردار جابه‌جایی $(\vec{d})$ و نیروی الکتریکی $(\vec{F}_E)$ است.



پ) بار منفی را در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم:

$$\theta = 180^\circ \Rightarrow W_E < 0 \Rightarrow \Delta U_E > 0$$



ت) بار منفی را در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم:

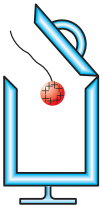
$$\theta = 0^\circ \Rightarrow W_E > 0 \Rightarrow \Delta U_E < 0$$

اگر بار را عمود بر خطوط میدان جابه‌جا کنیم ($\theta = ۹۰^\circ$) کار میدان و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی صفر خواهد بود.

۱۴- آزمایش توزیع بار الکتریکی در داخل رساناها

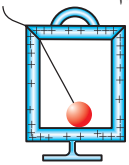
مراحل انجام آزمایش:

الف یک گوی فلزی باردار را وارد یک ظرف رسانای بدون بار می‌کنیم.



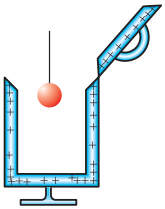
(الف)

ب گوی فلزی را با کف ظرف تماس می‌دهیم و بعد درپوش فلزی را می‌بندیم.



(ب)

پ درپوش فلزی را با دستهٔ عایق برمی‌داریم و گوی را از ظرف خارج می‌کنیم.



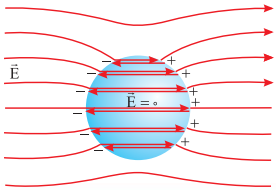
(پ)

ت حالا گوی را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم و می‌بینیم که عقربهٔ الکتروسکوپ تکان نمی‌خورد.

(ت)

نتیجه بار اضافی داده‌شده به یک رسانا فقط بر روی سطح خارجی آن پخش می‌شود و داخل رسانا هیچ باری باقی نمی‌ماند.

۱۵- رسانای خنثی در میدان الکتریکی خارجی



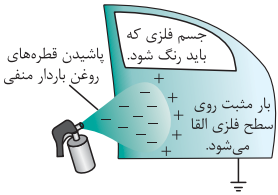
در این شکل، یک گوی رسانا داخل میدان الکتریکی خارجی قرار دارد. در این حالت، توزیع بار روی گوی به گونه‌ای است که میدان الکتریکی داخل آن صفر می‌شود.

نکته

میدان الکتریکی خارجی، باعث جداشدن بارهای مثبت و منفی در دو وجه رسانا می‌شود، به شکلی که میدان حاصل از این بارها، میدان خارجی درون رسانا را خنثی می‌کند.

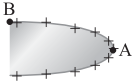
۱۶- رنگ‌پاش الکتروستاتیکی

یکی از کاربردهای پدیدهٔ القای بار الکتریکی، رنگ‌پاش الکتروستاتیکی است. در این روش سطح فلزی که قرار است رنگ شود به زمین متصل می‌شود. از طرفی قطره‌های ریزرنگ هنگام خروج از دهانهٔ رنگ‌پاش باردار می‌شوند. از آن‌جا که جسم فلزی به زمین وصل است، با نزدیک‌شدن قطره‌های رنگ به آن، بارهای القایی با علامت مخالف روی وجه نزدیک به قطره‌های رنگ، ظاهر می‌شوند تا در نهایت، قطره‌ها جذب سطح فلزی می‌شوند. این روش رنگ‌پاشی، از پاشیده‌شدن قطره‌ها به اطراف جلوگیری می‌کند و رنگ یک‌دستی روی سطح جسم فلزی پخش می‌شود.



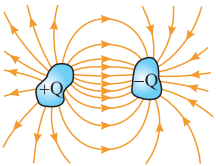
۱۷- چگالی سطحی بار در اجسام رسانا

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تراکم بار (چگالی سطحی بار) در نقاط نوک تیز روی سطح جسم رسانای باردار بیشتر از نقطه‌های دیگر است. مثلاً در شکل زیر چگالی سطحی بار در نقطهٔ A بیشتر از نقطهٔ B است.



به زبان ریاضی: $\sigma_A > \sigma_B$

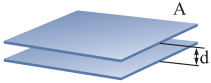
۱۸- ساختمان کلی خازن



شکل مقابل، آرایش کلی یک خازن معمولی را نشان می‌دهد. خازن، شامل دو رسانا با هر شکلی است که از محیط اطراف خود منزوی شده‌اند و در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند.

۱۹- خازن تخت

این خازن، شامل دو صفحهٔ رسانای **موازی** به مساحت A است که به فاصلهٔ d از هم قرار گرفته‌اند. خازن تخت و هر خازن دیگری را در مدار با نماد ⊣⊢ نشان می‌دهند.



نکته

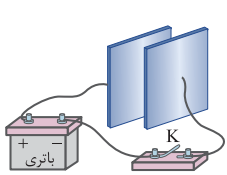
فضای بین دو صفحهٔ خازن می‌تواند خلأ، هوا یا هر مادهٔ نارسانای دیگری هم باشد که به آن دی‌الکتریک می‌گویند.

۲۰- شارژ خازن

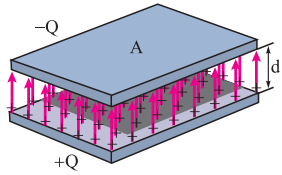
اول یک خازن خالی را در مداری مثل شکل (الف) قرار می‌دهیم. با بستن کلید K، بار از طریق سیم‌های رسانا به جریان درمی‌آید و این شارش بار آن‌قدر ادامه می‌یابد تا این‌که اختلاف پتانسیل میان دو صفحهٔ خازن با اختلاف پتانسیل باتری یکسان شود.

در این حالت، خازن شارژ می‌شود و دیگر هیچ باری از آن عبور نمی‌کند.

با شارژشدن خازن، صفحه‌های خازن دارای اندازهٔ بار یکسان ولی با علامت مخالف $+Q$ و $-Q$ می‌شوند. با توجه به همین موضوع بین دو صفحهٔ خازن میدان الکتریکی از صفحهٔ مثبت به صفحهٔ منفی ایجاد می‌شود (شکل ب).



(الف)



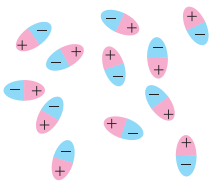
(ب)

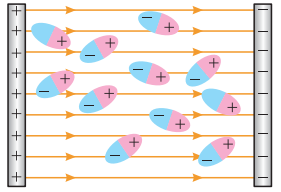
باریک خازن را به صورت Q نشان می‌دهند که همان بار صفحهٔ مثبت است.

۲۱- دی الکتریک قطبی در میدان الکتریکی

در نبود میدان الکتریکی، جهت‌گیری مولکول‌های دو قطبی یک دی‌الکتریک قطبی نامنظم است (شکل الف).

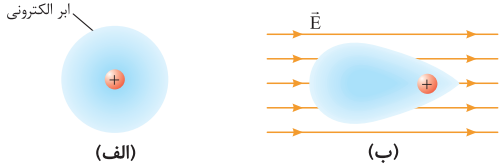
اما وقتی دی الکتریک قطبی در میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن قرار می‌گیرد مولکول‌های دو قطبی می‌کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی خارجی هم ردیف کنند (شکل ب).


(الف)


(ب)

۲۲- دی الکتریک غیرقطبی در میدان الکتریکی

در نبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی یک دی‌الکتریک غیرقطبی بر هم منطبق‌اند (شکل الف). اما در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می‌شوند و دی‌الکتریک قطبیده می‌شود. در این حالت، ابر الکترونی در خلاف جهت میدان جابه‌جا می‌شود (شکل ب).

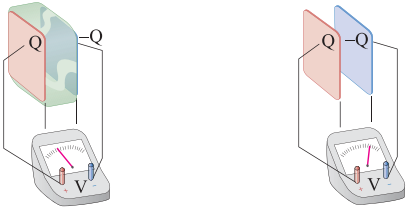


نکته

با کمی تحلیل می‌توان فهمید که اگر یک دی‌الکتریک (چه قطبی و چه غیرقطبی) بین صفحه‌های خازن قرار گیرد، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.

۲۳- تأثیر دی‌الکتریک بر اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن

با واردکردن دی‌الکتریک بین صفحه‌های خازن، ظرفیت آن افزایش می‌یابد. حالا با توجه به رابطهٔ $V = \frac{Q}{C}$ از آن‌جا که بار الکتریکی تغییری نکرده، اختلاف پتانسیل باید کاهش یابد. شکل زیر، این گفته را تأیید می‌کند.

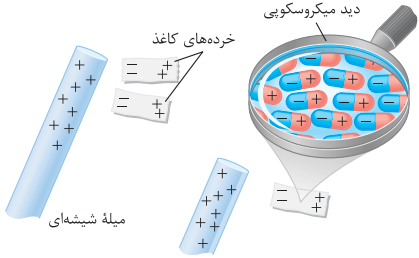


۲۴- میکروفون خازنی

این میکروفون یک خازن دارد که یکی از صفحه‌های آن ثابت و صفحهٔ دیگر (دیافراگم) متحرک است. با ارتعاش صفحهٔ متحرک خازن بر اثر صدا، فاصلهٔ صفحه‌ها تغییر می‌کند که باعث تغییر ظرفیت خازن می‌شود. نتیجهٔ این اتفاق، ایجاد یک سیگنال به خصوص و ارسال آن به یک بلندگو است.

۲۵- ربایش خرده‌های کاغذ توسط میلهٔ باردار شیشه‌ای

مولکول‌های غیرقطبی مثل کاغذ، وقتی در میدان الکتریکی خارجی ناشی از میلهٔ باردار قرار می‌گیرند، بر اثر القا، قطبیده می‌شوند. این میدان الکتریکی باعث جداشدن مرکز بارهای مثبت و منفی از هم می‌شود، جوری که سرِ منفی خرده‌های کاغذ در مقابل بار مثبت شیشه قرار گیرد و در نهایت جذب آن شود.



مفاهیم

۱ **ذرات زیر اتمی:** اتم‌ها از سه ذرهٔ الکترون (بار منفی)، پروتون (بار مثبت) و نوترون (بدون بار) تشکیل می‌شوند.

۲ **سری الکتریسیتهٔ مالشی:** نوع باری که دو جسم بر اثر مالش پیدا می‌کنند، به جنس آن‌ها بستگی دارد. برای تعیین نوع این بار، از سری الکتریسیتهٔ مالشی (تربیوالکتریک) استفاده می‌شود؛ این‌گونه که هر جسمی که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد، الکترون‌خواهی بیشتری دارد، به خاطر همین منفی می‌شود و جسم دیگر که به انتهای مثبت نزدیک‌تر است، مثبت می‌شود.

۳ **اصل پایستگی بار:** مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است؛ یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

۴ **دستگاه منزوی:** دستگاهی است که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.

۵ **اصل کوانتیده‌بودن بار:** اندازهٔ بار الکتریکی یک جسم، همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است.

۶ **نیروی الکتریکی:** نیرویی که اجسام به خاطر داشتن بار الکتریکی به هم وارد می‌کنند که می‌تواند جاذبه یا دافعه باشد.

۷ **مفهوم میدان الکتریکی:** بار q خاصیتی در فضای اطراف خود ایجاد می‌کند که به آن میدان الکتریکی بار q گفته می‌شود.

۸ **بارآزمون:** بار خیلی کوچک و مثبت

۹ گرده افشانی زنبور عسل در اثر پدیدهٔ القای الکتریکی است.

۱۰ **انرژی پتانسیل الکتریکی:** انرژی وابسته به نیروی الکتریکی بین دو جسم!

۱۱ معمولاً پتانسیل زمین یا نقطه‌ای از مدار را برابر صفر می‌گیرند و برای همین مهندسان برق در اصطلاح به آن نقطهٔ زمین می‌گویند و پتانسیل نقطه‌های دیگر را نسبت به آن می‌سنجند. در مدارهای الکتریکی، نقطهٔ زمین را با نماد ⏚ نشان می‌دهند.

۱۲ حالت تعادل الکتروستاتیکی: وقتی که پتانسیل الکتریکی تمام نقاط یک رسانا یکسان شود، جسم در این حالت قرار دارد؛ یعنی بارهای الکتریکی آن در حال تعادل‌اند و برایند نیروهای وارد بر آن‌ها صفر است.

۱۳ رسانای منزوی: جسم رسانایی که به وسیلهٔ عایقی از محیط اطراف خود جدا شده و تحت تأثیر هیچ میدان الکتریکی خارجی نباشد.

نکته

در یک جسم رسانای منزوی (خنثی)، در مدت بسیار کوتاهی (از مرتبهٔ 10^{-9} s) بار در سطح خارجی رسانا پخش می‌شود و میدان الکتریکی داخل آن صفر می‌شود.

۱۴ صفحات هم‌پتانسیل: تمام نقاط روی یک صفحهٔ فرضی عمود بر خطوط میدان الکتریکی در فضا، پتانسیل یکسانی دارند.

۱۵ چگالی سطحی بار الکتریکی: بار الکتریکی موجود در واحد سطح

۱۶ واردکردن دی‌الکتریک بین صفحه‌های خازن، باعث کاهش اندازهٔ میدان الکتریکی می‌شود.

۱۷ فروریزش الکتریکی: اگر اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ یک خازن از مقدار مشخصی بیشتر شود، تعدادی از الکترون‌های اتم مادهٔ دی‌الکتریک، توسط میدان الکتریکی ایجادشده بین دو صفحه،کنده می‌شوند و مسیرهای رسانایی درون دی‌الکتریک ایجاد می‌شود که باعث تخلیهٔ خازن می‌گردد. به این پدیده فروریزش الکتریکی می‌گویند.

مسائل

در این قسمت، تعدادی از تست‌های منتخب کنکور چند سال اخیر را برایتان آورده‌ام. زیر هر تست (حتی زیر کلمات و شکل‌ها) یک راهنمای حل ( ) آمده است که سرنخ حل تست را به شما نشان می‌دهد.

پاسخ کامل را هم ننوشتم تا ادامهٔ حل را شما انجام دهید (*این‌طوری تست‌ها رو هم با هم حل کردیم*).

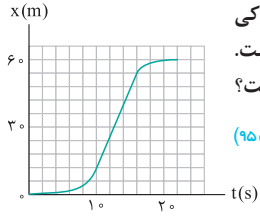
در تست‌هایی هم که به فرمول نیاز دارید، قسمت فرمول‌یابی ( ) را گذاشتم تا مطمئن شوید با همین فرمول‌هایی که خواندید، می‌توانید تست‌های کنکور را هم حل کنید.

فصل ۱: حرکت بر خط راست

۱- شکل مقابل، نمودار مکان ـ زمان متحرکی است که در مسیر مستقیم حرکت کرده است. بیشینهٔ سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟

$V_{max} = ?\,m/s$

(خارج تجربی ۹۵)



۱) ۳ ۲) ۵ ۳) ۷ ۴) ۹

گزینهٔ ۳

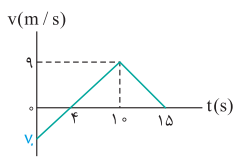
$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

با توجه به شکل، بیشترین شیب نمودار در بازهٔ زمانی $t_1 = 10\ s$ تا $t_2 = 16\ s$ است. پس به کمک رابطهٔ $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ به جواب می‌رسید.

۲- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $t = 0$ تا $t = 15\ s$ چند متر بر مجذور ثانیه است؟

$a_{av} = ?\,m/s^2$

(خارج تجربی ۹۳)



۱) ۰/۴ ۲) ۰/۶ ۳) ۰/۸ ۴) ۱

گزینهٔ ۱ $a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

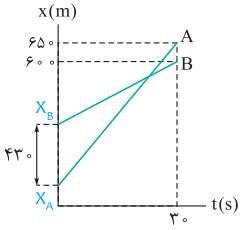
۱ محاسبهٔ v_0: شیب خط از $t = 0$ تا $t = 10$ یکسان است؛ پس:

$$\frac{0 - v_0}{4} = \frac{9 - 0}{6}$$

۲ محاسبهٔ a:

$$a_{av} = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{0 - v_0}{15}$$

۳- نمودار مکان ـ زمان دو متحرک A و B به صورت شکل روبه‌رو است. سرعت متحرک A چند متر بر ثانیه بیشتر از سرعت متحرک B است؟ $v_A - v_B = ?\,m/s$



۱) ۱۲
۲) ۱۲/۶
۳) ۱۶
۴) ۱۶/۳

گزینهٔ ۳ $x = vt + x_0$ (حرکت با سرعت ثابت)

نوشتن معادلهٔ حرکت هر متحرک و محاسبهٔ $v_A - v_B$ با کم‌کردن دو معادله از هم:

$$\begin{cases} 650 = v_A \times 30 + x_{0A} \\ 600 = v_B \times 30 + x_{0B} \end{cases} \xrightarrow{x_{0A} - x_{0B} = -430} 650 - 600 = 30(v_A - v_B) - 430$$

۴- دو متحرک روی خط راست با شتاب‌های ثابت a و $a + 1/5\,m/s^2$ از یک نقطه شروع به حرکت می‌کنند و بعد از مدت t، سرعت آن‌ها به ترتیب $10\,m/s$ و $22\,m/s$ می‌شود. t چند ثانیه است؟ $t = ?\,s$ (خارج ریاضی ۹۶)

۱) ۱۰
۲) ۸
۳) ۶
۴) ۴

گزینهٔ ۲ $v = at + v_0$ (حرکت با شتاب ثابت)

نوشتن معادلهٔ سرعت ـ زمان هر متحرک و حل آن به صورت دو معادله دو مجهول:

$$\begin{cases} ۱۰ = at + ۰ \\ ۲۲ = (a + ۱/۵)t + ۰ \end{cases} \Rightarrow ۲۲ - ۱۰ = (a + ۱/۵ - a)t$$

۵- متحرکی روی محور x حرکت می‌کند و معادلهٔ مکان ـ زمان آن در SI به صورت $x = -۲t^۲ + ۱۲t - ۴۰$ است. مسافتی که این متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا $t = ۵s$ طی می‌کند، چند متر است؟ (خارج ریاضی ۹۴)

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۴ ۴) ۲۶

گزینهٔ ۴ $x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_0 t + x_0$ ، $S =$ مسافت طی‌شده

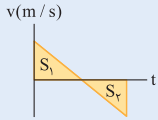
(مساحت زیر نمودار $v - t$)

۱ مقایسهٔ معادلهٔ کلی با این معادله و به دست آوردن معادلهٔ سرعت:

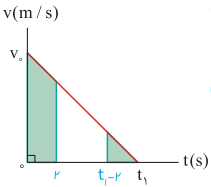
$$x = \underbrace{-۲}_{\frac{۱}{۲}a} t^۲ + \underbrace{۱۲}_{v_0} t \underbrace{-۴۰}_{x_0}$$

۲ رسم نمودار $v - t$ و محاسبهٔ مسافت از طریق مساحت زیر نمودار:

مسافت طی‌شده $= S_۱ + S_۲$



۶- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. اگر این متحرک در ۲ ثانیهٔ اول ۳۶ متر و در ۲ ثانیهٔ آخر ۴ متر جابه‌جا شده باشد، $t_۱$ چند ثانیه است؟ (خارج ریاضی ۹۷)



$t_۱ = ?s$

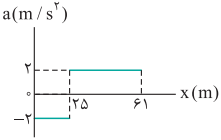
۱) ۸ ۲) ۱۰

۳) ۱۲ ۴) ۱۵

گزینهٔ ۲ $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \; ; \; v = at + v_0$

استفاده از فرمول‌ها و مساحت زیر نمودار

۷- نمودار شتاب ـ مکان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است. اگر متحرک در لحظهٔ $t = 0$ از مبدأ با سرعت $10\ m/s$ عبور کند، سرعت آن در مکان $x = 61\ m$ چند متر بر ثانیه است؟ (تجربی ۹۷)



v = ?m/s

۱) ۲۲
۲) ۱۲
۳) ۸
۴) ۶

گزینهٔ ۲ $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$ (مستقل از زمان)

نوشتن معادلهٔ مستقل از زمان برای هر دو بخش حرکت:

۱ $v_1^2 - 100 = 2(-2) \times 25$ ۲ $v_2^2 - v_1^2 = 2 \times 2 \times 36 \Rightarrow v_2 = ?$

۸- یک توپ تنیس از ارتفاع ۳۲۰ سانتی‌متری (Δy_1) زمین رها می‌شود و پس از برخورد به زمین تا ارتفاع ۱۲۵ سانتی‌متری (Δy_2) زمین برمی‌گردد. اگر زمان تماس توپ با زمین $13\ ms$ (Δt) باشد، بزرگی شتاب متوسط آن ($a_{av} = ?\ m/s^2$) در ضمن تماس چند متر بر مجذور ثانیه و جهت آن به کدام سو است؟ (از مقاومت هوا صرف‌نظر شود. $g = 10\ m/s^2$) (ریاضی ۹۷)

۱) ۱۰۰، بالا
۲) ۱۰۰، پایین
۳) ۱۰۰۰، بالا
۴) ۱۰۰۰، پایین

گزینهٔ ۳ $v^2 - v_0^2 = -2g\Delta y \, , \, a_{av} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

۱ دو بار استفاده از رابطهٔ مستقل از زمان برای قبل و بعد از برخورد:

$v_1^2 - 0 = -2 \times 10 \times (-3/2) \; ; \; 0 - v_2^2 = -2 \times 10 \times 1/25$

۲ استفاده از رابطهٔ شتاب متوسط:

$a_{av} = \dfrac{v_2 - v_1}{12 \times 10^{-3}}$